

РАЗРАБОТКА ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ НА ОСНОВЕ ХРОМИСТОЙ СТАЛИ, ЛЕГИРОВАННОЙ КАРБИДОМ БОРА

Ключевые слова: запорная арматура, хромоникелевая сталь, карбид бора, наплавка, порошковая проволока, структура, твёрдость, износостойкость.

Значительная потребность нефтехимических предприятий в запорной арматуре и высокий уровень цен на данные виды изделия обуславливают необходимость увеличения их фактического срока службы и длительности межремонтного периода.

Опыт эксплуатации запорной арматуры показывает, что ее надежность и долговечность в значительной мере зависят от работоспособности уплотнительных поверхностей деталей, для обеспечения которой их обычно наплавляют специальными сталями и сплавами [1]. Широкое применение для наплавки нашли наплавочные материалы на основе аустенитно-ферритных дисперсионно-твердеющих Cr–Ni–Si сталей [2, 3].

Большими возможностями обладают хромоникелевые коррозионно-стойкие стали с твердыми высокопрочными частицами, в том числе и σ -фазами, армирующими матрицу. В ходе предыдущих исследований установлено, что введение в экономнолегированную мартенситно-старющую сталь боридных соединений обеспечивает получение композиционной структуры, обладающей повышенными эксплуатационными характеристиками [4].

Таблица 1

Химические составы исследуемых порошковых проволок

Составы		Количественный состав порошковой проволоки, %								
		Cr	Ni	Mn	FeNb	Mo	FeTi	FeSi	B ₄ C	Fe порошок
Исследуемые	1	12,0	1,0	1,0	0,5	2,0	1,0	0,5	0,3	26,3
	2	14,0	2,0	2,0	1,0	3,0	1,5	1	0,6	19,5
	3	16,0	3,0	2,5	1,5	4,0	2,3	1,5	0,8	12,5
	4	18,0	4,0	3,0	2,0	5,0	3,0	2	1,0	5,7
	5	18,5	4,5	3,2	2,5	5,5	3,5	2,5	1,2	1,9
Известный	6	18,5	9	1,5	—	—	1,3	7,5	—	8,6

В связи с этим были исследованы эксплуатационные свойства хромоникелевой стали, легированной молибденом, кремнием, марганцем, ниобием и бором, а также влияние боридных соединений на структуру. Исследования проводили на металле системы Cr–Ni–Mo–Mn–Si–Nb–Ti, полученного наплавкой порошковой проволокой, в состав которой дополнительно введен карбид бора в количестве 0,3–1,2 % (табл. 1). Для сравнения производили наплавку известной порошковой проволокой аналогичной по составу ПП-АН133 (10X17H9C5ГТ).

Как показали результаты дюрOMETрических исследований, испытаний на износостойкость и коррозионную стойкость металла покрытий, наилучшими свойствами обладает металл, полученный порошковой проволокой, содержащей 1,0 % карбида бора. По твердости он превосходит металл, полученный известной проволокой, в 1,46–1,74 раза, по износостойкости – в 2,38 раза, а также обладает высокой стойкостью к общей коррозии. Как показали металлографические исследования, металл покрытия, полученного порошковой проволокой с 1 % карбида бора, имеет композиционную структуру (рис. 1). Данная структура состоит из пересыщенного легирующими элементами твердого раствора с мартенситной матрицей и эвтектической составляющей $(\text{Mo}, \text{Cr}, \text{Fe}, \text{Nb})_2\text{B}$ в виде участков по границам бывших зерен аустенита. По мере увеличения содержания бора растет и количество эвтектической составляющей, которая образует сплошной прочный каркас (рис. 1, а). Кроме того, из-за значительного содержания феррито-образующих элементов в наплавленном металле в процессе кристаллизации образуется метастабильный δ -феррит в виде разноориентированных прослоек между рейками мартенсита (рис. 1, б).

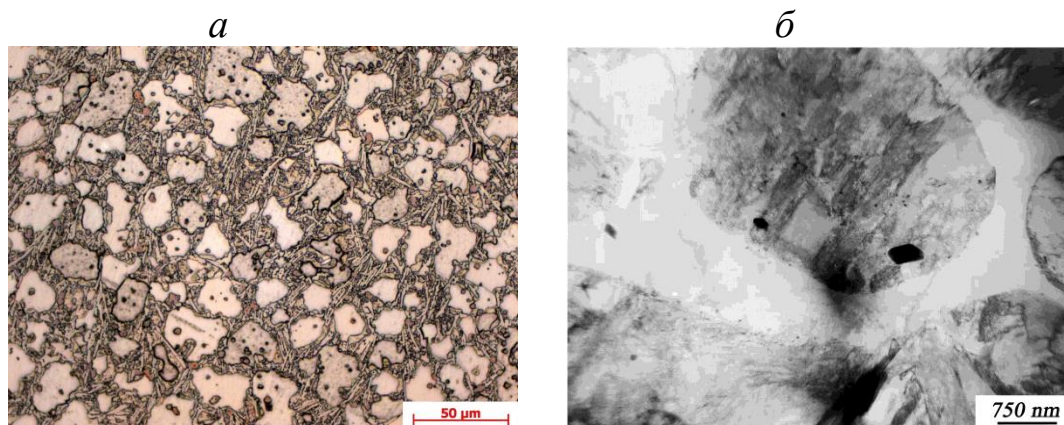


Рис. 1. Структура наплавленного покрытия, полученного порошковой проволокой:

а – микроструктура; б – тонкая структура

Старение такого наплавленного металла при 500 °С в течение шести часов приводит к образованию чисто мартенситной структуры, вызывает рост частиц σ -фазы и увеличение их объемной доли. Одновременно с этим происходит упрочнение матрицы мелкодисперсными карбоборидными и интерметаллидными фазами: $(\text{Cr}, \text{Mo}, \text{Fe}, \text{Nb}, \text{Ti})_{23}(\text{C}, \text{B})_6$, $(\text{Fe}, \text{Cr}, \text{Si})_2(\text{Mo}, \text{Ti})$ и $(\text{Ni}, \text{Fe})_3\text{Ti}$, аналогичных полученным ранее в мартенситно-стабилизирующих сталях [4].

Таким образом, введение карбида бора в состав порошковой проволоки на основе высокохромистой коррозионностойкой стали приводит к получению композиционной структуры металла покрытий, упрочненной карбоборидными и интерметаллидными фазами, которая обеспечивает высокие показатели твердости и износостойкости. Применение данной проволоки в качестве наплавочного материала позволяет существенно повысить работоспособность и надежность узлов запорной арматуры, работающих на истирание в контакте с агрессивными средами.

Работа выполнена по поддержке грантов РФФИ №16-48-550523 p_a и РНФ №17-19-01224.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лопухов Ю. И. Повышение эксплуатационных свойств трубопроводной арматуры дуговой наплавкой. Усть-Каменогорск : Изд-во ВКГТУ, 2002. 136 с.
2. Еремеев В. Б., Стреляный Ю. В., Фрумин И. И. Разработка порошковой проволоки и ленты для наплавки трубопроводной арматуры // Теоретические и технологические основы наплавки. Наплавочные материалы. Киев : Изд-во ИЭС им. Е.О. Патона АН УССР, 1978. С. 3–7.
3. Степин В. С., Старченко Е. Г., Андреев А. П. Применение дисперсионно-твердеющих Cr–Ni–Si сталей для элементов затворов и наплавки уплотнительных поверхностей арматуры ТЭС и АЭС // Арматуростроение. 2006. № 3. С. 66–69.
4. Yeremin Y. N., Losev A. S. Mechanical properties and thermal stability a maraging steel with borides, deposited with a flux-cored wire // Welding International. 2014. Vol. 28. Issue 6. P. 465–468. DOI 10.1080/09507116.2013.840041.